

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-266925

(43)Date of publication of application : 14.10.1997

(51)Int.Cl.

A61F 9/007

(21)Application number : 09-033346

(71)Applicant : NIDEK CO LTD

(22)Date of filing : 31.01.1997

(72)Inventor : SUMIYA TOSHIBUMI  
HAGIWARA TAKASHI

(30)Priority

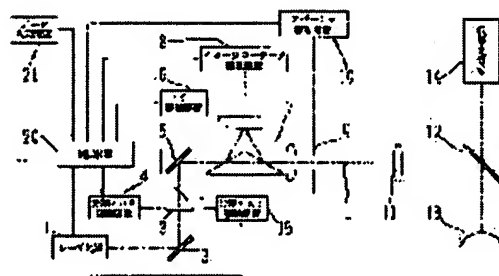
Priority number : 08 38975 Priority date : 31.01.1996 Priority country : JP

## (54) ABLATION APPARATUS

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an ablation apparatus capable of efficiently cutting only protruding parts of an uneven surface in a short time, by equipping a beam moving means, a division mask means, a data inputting means, and a control means for the masking state of the division mask means at each moving position of a laser beam by a moving means based on the inputted data.

**SOLUTION:** A laser beam projected from a laser light source 1 is formed into a desired rectangular shape by a beam forming means such as an expander lens if necessary. Parts to be shielded by the division mask 3 to divide the laser beam in the horizontal direction and to shield them partially are selectively changed by a division mask drive device 4. An image rotator 7 is driven to be rotated around the optical axis L by an image rotator drive device 8 to rotate the laser beam around the optical axis. A control device 22 to control the total apparatus controls the laser light source 1, division mask drive device 4, a mirror drive device 6, the image rotator drive device 8, an aperture drive device 10, and a division mask moving device 15, etc.



---

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 28.12.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3623336

[Date of registration] 03.12.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the ablation equipment to which is equipped with the light guide optical system which carries out the light guide of the laser beam of a long and slender rectangle to an ablation object, and a front face carries out ablation of the part for the heights of a concavo-convex object by the laser beam by which the light guide was carried out The beam migration means to which a laser beam is moved to the optical axis of said light guide optical system, The division mask means which divides the longitudinal direction of a laser beam alternatively and carries out a mask, Ablation equipment characterized by having a data input means to input the data about the ablation field of said object, and the control means which controls the masked state of said division mask means in each migration location of the laser beam by said migration means based on this input data.

[Claim 2] Many division mask means of claim 1 are ablation equipment characterized by having the mask of the shape of a strip of paper located in a line.

[Claim 3]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the ablation equipment which carries out ablation of the front face of an object, excises only a part for the heights of corneas, such as irregular astigmatism, alternatively especially, and relates to the suitable equipment for concavo-convex correction of a cornea front face.

[0002]

[Description of the Prior Art] PRK which is going to correct the ametropy of an eyeball by carrying out ablation of the front face of a cornea by the laser beam, and changing the curvature in recent years (Photorefractive Keratectomy) PTK of carrying out ablation by the laser beam and removing the lesion section on the front face of a cornea (Phototherapeutic Keratectomy) It is observed. Ablation of the laser beam which performs this PRK and PTK was mainly performed by the following three approaches.

[0003] They are the approach the 1st carries out ablation of the field predetermined with the laser beam of a large area at once, the approach of making move the laser beam of the 2nd rectangle and carrying out ablation of the predetermined field, and the approach of the 3rd making scan a small spot two-dimensional, and carrying out ablation of the predetermined field.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, as for the cornea of human being's eye, the cornea front face may always have irregularity partially not by the spherical surface or the toric side but by irregular astigmatism etc. When ablation of such a cornea front face tended to be carried out by the laser beam and it was going to make it the spherical surface or a toric side, by the approach of the 1st large area beam, or the approach of moving the 2nd rectangle beam, the exposure field had to be doubled for a part for every heights, a part for every one heights had to be excised, and there was a fault of taking time amount very much.

[0005]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

TECHNICAL FIELD

---

[Field of the Invention] This invention relates to the ablation equipment which carries out ablation of the front face of an object, excises only a part for the heights of corneas, such as irregular astigmatism, alternatively especially, and relates to the suitable equipment for concavo-convex correction of a cornea front face.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

PRIOR ART

---

[Description of the Prior Art] PRK which is going to correct the ametropia of an eyeball by carrying out ablation of the front face of a cornea by the laser beam, and changing the curvature in recent years (Photorefractive Keratectomy) PTK of carrying out ablation by the laser beam and removing the lesion section on the front face of a cornea (Phototherapeutic Keratectomy) It is observed. Ablation of the laser beam which performs this PRK and PTK was mainly performed by the following three approaches. [0003] They are the approach the 1st carries out ablation of the field predetermined with the laser beam of a large area at once, the approach of making move the laser beam of the 2nd rectangle and carrying out ablation of the predetermined field, and the approach of the 3rd making scan a small spot two-dimensional, and carrying out ablation of the predetermined field.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

EFFECT OF THE INVENTION

---

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, ablation removal of the part for the heights of an object with a concave convex can be carried out efficiently in a short time.  
[0050] Moreover, the front face which carries out ablation removal can be smoothed.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

TECHNICAL PROBLEM

---

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, as for the cornea of human being's eye, the cornea front face may always have irregularity partially not by the spherical surface or the toric side but by irregular astigmatism etc. When ablation of such a cornea front face tended to be carried out by the laser beam and it was going to make it the spherical surface or a toric side, by the approach of the 1st large area beam, or the approach of moving the 2nd rectangle beam, the exposure field had to be doubled for a part for every heights, a part for every one heights had to be excised, and there was a fault of taking time amount very much.

[0005] When compared with the 1st or the 2nd approach, it was [ that the approach of scanning the 3rd small spot is made to scan alternatively, and should on the other hand, just carry out ablation only of the part for heights ] excisable by little time amount, but when many [ the amount of / which still carries out ablation / heights ], there was a fault of taking too comparatively much time amount.

[0006] This invention makes it a technical technical problem to offer the ablation equipment which can excise efficiently only a part for the heights of a concavo-convex front face in a short time in view of the trouble of the above-mentioned conventional technique.

[0007]



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

MEANS

---

[Means for Solving the Problem] This invention is characterized by having the following configurations, in order to solve the above-mentioned technical problem.

[0009] (1) In the ablation equipment to which is equipped with the light guide optical system which carries out the light guide of the laser beam of a long and slender rectangle to an ablation object, and a front face carries out ablation of the part for the heights of a concavo-convex object by the laser beam by which the light guide was carried out The beam migration means to which a laser beam is moved to the optical axis of said light guide optical system, The division mask means which divides the longitudinal direction of a laser beam alternatively and carries out a mask, It is characterized by having a data input means to input the data about the ablation field of said object, and the control means which controls the masked state of said division mask means in each migration location of the laser beam by said migration means based on this input data.

[0010]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

EXAMPLE

---

[Example] Hereafter, one example of this invention is explained based on a drawing. Drawing 1 is drawing showing the global placement of the optical system of the equipment of an example, and the outline configuration of a control system.

[0018] 1 is a laser light source and is using excimer laser with the wavelength of 193nm in the example. The excimer laser beam by which outgoing radiation is carried out from a laser light source 1 is a pulse wave, and as the typical configuration is shown in drawing 2, the intensity distribution of a beam are distribution F (W) almost uniform horizontally (X shaft orientations), and it has become Gaussian distribution F (H) perpendicularly (Y shaft orientations). Moreover, the cross-section configuration in a perpendicular flat surface is the configuration of a long and slender rectangle to the optical axis.

[0019] In addition, the laser beam after outgoing radiation is prepared with beam plastic surgery means, such as an expander lens, from a laser light source 1 in the rectangle configuration which carries out expected as occasion demands. 2 is a flat-surface mirror and deflects upwards 90 degrees of laser beams by which outgoing radiation was carried out horizontally from a laser light source 1.

[0020] 3 is a division mask which divides the horizontal direction (X shaft orientations) of a laser beam, and is covered partially, and the part covered with the division mask driving gear 4 changes alternatively.

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the global placement of the optical system of the equipment of an example, and the outline configuration of a control system.

[Drawing 2] It is drawing showing the typical configuration of a excimer laser beam.

[Drawing 3] It is drawing explaining the configuration and breaker style of a division mask.

[Drawing 4] It is drawing explaining another breaker style of a division mask.

[Drawing 5] It is drawing showing a cornea with a part for the heights for explaining the actuation which excises only a part for the heights of a cornea alternatively.

[Drawing 6] It is drawing explaining the ablation process for heights of the cornea shown in drawing 4 .

[Drawing 7] It is drawing explaining change of the ablation field by migration of a division mask.

[Drawing 8] It is a flow chart Fig. explaining the actuation which excises only a part for the heights of corneas, such as irregular astigmatism, alternatively.

[Description of Notations]

1 Laser Light Source

3 Division Mask

4 Division Mask Driving Gear

5 Flat-Surface Mirror

6 Mirror Driving Gear

13 Cornea

15 Division Mask Migration Equipment

20 Control Unit

21 Data Entry Unit

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-266925

(43) 公開日 平成9年(1997)10月14日

(51) Int. CL<sup>4</sup>  
A 6 1 F 9/007

識別記号 片内整理番号

P I  
A 6 1 F 9/00

技術表示箇所

5 1 1  
5 0 6

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-33346

(22) 出願日 平成9年(1997)1月31日

(31) 優先権主張番号 特願平8-38975

(32) 優先日 平8(1996)1月31日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000135184

株式会社ニデック

愛知県蒲郡市梁町7番9号

(72) 発明者 角谷 俊文

愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14 株式会  
社ニデック拾石工場内

(72) 発明者 萩原 高志

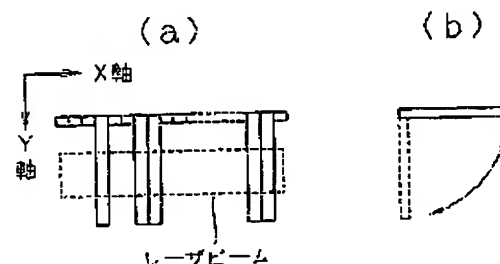
愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14 株式会  
社ニデック拾石工場内

(54) 【発明の名称】 アブレーション装置

(57) 【要約】

【課題】 凹凸の表面の凸部分のみを短時間で効率良く  
切除する。

【解決手段】 細長い矩形のレーザービームをアブレーション対象物へ導光する導光光学系を備え、導光光学系の光軸に対してレーザービームを移動させるビーム移動手段と、レーザービームの長手方向を選択的に分割してマスクする分割マスク手段と、分割マスク手段をレーザービームの長手方向に移動させる分割マスク移動手段と、対象物のアブレーション領域に関するデータを入力するデータ入力手段と、入力データに基づき移動手段によるレーザービームの移動位置での分割マスク手段のマスク状態を制御する制御手段とを有し、分割マスク手段及びビーム移動手段を介したレーザービームにより表面が凹凸の対象物の凸部分をアブレーションする。



(2)

特開平9-266925

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 細長い矩形のレーザービームをアブレーション対象物へ導光する導光光学系を備え、導光されたレーザービームにより表面が凹凸の対象物の凸部分をアブレーションするアブレーション装置において、前記導光光学系の光軸に対してレーザービームを移動させるビーム移動手段と、レーザービームの長手方向を選択的に分割してマスクする分割マスク手段と、前記対象物のアブレーション領域に関するデータを入力するデータ入力手段と、該入力データに基づき前記移動手段によるレーザービームの各移動位置での前記分割マスク手段のマスク状態を制御する制御手段と、を有することを特徴とするアブレーション装置。

【請求項2】 請求項1の分割マスク手段は、多数並んだ短冊状のマスクを持つことを特徴とするアブレーション装置。

【請求項3】 請求項2の分割マスク手段は、前記短冊状マスクをそれぞれ回転開閉する回転開閉手段を有することを特徴とするアブレーション装置。

【請求項4】 請求項2の分割マスク手段は、前記短冊状マスクをそれぞれスライドさせて開閉するスライド開閉手段を有することを特徴とするアブレーション装置。

【請求項5】 光軸に対する垂直平面での断面形状が細長い矩形のレーザービームをアブレーション対象物へ導光する導光光学系を備え、導光されたレーザービームにより表面が凹凸の対象物の凸部分をアブレーションするアブレーション装置において、前記導光光学系の光軸に対して直交する方向へレーザービームを移動させるビーム移動手段と、レーザービームの長手方向を選択的に分割してマスクする分割マスク手段と、該分割マスク手段をレーザービームの長手方向に移動させる分割マスク移動手段と、前記対象物のアブレーション領域に関するデータを入力するデータ入力手段と、該入力データに基づき前記ビーム移動手段によるレーザービームの各移動位置での前記分割マスク手段のマスク状態及び前記分割マスク移動手段の移動位置を制御する制御手段と、を有することを特徴とするアブレーション装置。

【請求項6】 請求項5のアブレーション装置において、前記分割マスク手段は、断面形状が矩形のレーザービームの長手方向に多数並設された短冊状のマスクと、該短冊状のマスクを前記導光光学系へ選択的に挿脱することにより矩形の前記レーザービームの長手方向を部分的に遮断するマスク挿脱手段と、を持つことを特徴とするアブレーション装置。

【請求項7】 請求項5のアブレーション装置において、請求項6の短冊状のマスクとマスク挿脱手段を備え、前記短冊状のマスクのそれぞれはレーザービームの長手方向に略同じ幅を持ち、前記分割マスク移動手段は分割マスク全体をレーザービームの長手方向に移動可能であり、前記制御手段は見掛上マスクの幅よりも小さい移動

2

量で分割マスク全体が移動するように前記分割マスク移動手段を制御することを特徴とするアブレーション装置。

【請求項8】 請求項5のアブレーション装置において、前記制御手段は前記アブレーション対象物に対してレーザービームの1スキャンを単位として前記分割マスク移動手段によるマスク移動位置を制御することを特徴とするアブレーション装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は対象物の表面をアブレーションするアブレーション装置に係り、殊に不正乱視等の角膜の凸部分のみを選択的に切除して角膜表面の凹凸修正に好適な装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、レーザービームで角膜の表面をアブレーションし、その曲率を変化させることにより眼珠の屈折異常を矯正しようとするPRK(Photorefractive Keratectomy)やレーザービームでアブレーションして角膜表面の病変部を取り除くというPTK(Phototherapeutic Keratectomy)が注目されている。このPRK、PTKを行うレーザービームのアブレーションは、主に次の3つの方法により行われていた。

【0003】 第1は大面積のレーザービームで一度に所定の領域をアブレーションする方法、第2は矩形のレーザービームを移動させて所定の領域をアブレーションする方法、第3は小さなスポットを2次的にスキャンさせて所定の領域をアブレーションする方法である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、人間の眼の角膜は、常に球面やトーリック面ではなく、不正乱視等で角膜表面が部分的に凹凸になっている場合がある。このような角膜表面をレーザービームでアブレーションして球面又はトーリック面にしようすると、第1の大面積ビームの方法や第2の矩形ビームを移動する方法では、凸部分ごとに照射領域を合わせて凸部分を一つずつ切除していくしかなく、非常に時間がかかるという欠点があった。

【0005】 一方、第3の小スポットをスキャンする方法は、凸部分のみを選択的にスキャンさせてアブレーションすればよく、第1や第2の方法に比べれば少ない時間で切除できるが、それでもアブレーションする凸部分が多いと、やはり比較的多くの時間がかかるという欠点があった。

【0006】 本発明は、上記従来技術の問題点を鑑み、凹凸の表面の凸部分のみを短時間で効率良く切除できるアブレーション装置を提供することを技術課題とする。

【0007】 また、表面の凸部分を簡単に切除できるアブレーション装置を提供することを技術課題とする。

【0008】

(3)

特開平9-266925

3

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を解決するために、次のような構成を有することを特徴とする。

【0009】(1) 細長い矩形のレーザビームをアブレーション対象物へ導光する導光光学系を備え、導光されたレーザビームにより表面が凹凸の対象物の凸部分をアブレーションするアブレーション装置において、前記導光光学系の光軸に対してレーザビームを移動させるビーム移動手段と、レーザビームの長手方向を選択的に分割してマスクする分割マスク手段と、前記対象物のアブレーション領域に関するデータを入力するデータ入力手段と、該入力データに基づき前記移動手段によるレーザビームの各移動位置での前記分割マスク手段のマスク状態を制御する制御手段と、を有することを特徴とする。

【0010】(2) (1)の分割マスク手段は、多数並んだ短冊状のマスクを持つことを特徴とする。

【0011】(3) (2)の分割マスク手段は、前記短冊状マスクをそれぞれ回転開閉する回転開閉手段を有することを特徴とする。

【0012】(4) (2)の分割マスク手段は、前記短冊状マスクをそれぞれスライドさせて開閉するスライド開閉手段を有することを特徴とする。

【0013】(5) 光軸に対する垂直平面での断面形状が細長い矩形のレーザビームをアブレーション対象物へ導光する導光光学系を備え、導光されたレーザビームにより表面が凹凸の対象物の凸部分をアブレーションするアブレーション装置において、前記導光光学系の光軸に対して直交する方向へレーザビームを移動させるビーム移動手段と、レーザビームの長手方向を選択的に分割してマスクする分割マスク手段と、該分割マスク手段をレーザビームの長手方向に移動させる分割マスク移動手段と、前記対象物のアブレーション領域に関するデータを入力するデータ入力手段と、該入力データに基づき前記ビーム移動手段によるレーザビームの各移動位置での前記分割マスク手段のマスク状態及び前記分割マスク移動手段の移動位置を制御する制御手段と、を有することを特徴とする。

【0014】(6) (5)のアブレーション装置において、前記分割マスク手段は、断面形状が矩形のレーザビームの長手方向に多数並設された短冊状のマスクと、該短冊状のマスクを前記導光光学系へ選択的に挿脱することにより矩形の前記レーザビームの長手方向を部分的に遮断するマスク挿脱手段と、を持つことを特徴とする。

【0015】(7) (5)のアブレーション装置において、請求項6の短冊状のマスクとマスク挿脱手段を備え、前記短冊状のマスクのそれぞれはレーザビームの長手方向に略同じ幅を持ち、前記分割マスク移動手段は分割マスク全体をレーザビームの長手方向に移動可能であり、前記制御手段は見掛け上マスクの幅よりも小さい移動

4

量で分割マスク全体が移動するように前記分割マスク移動手段を制御することを特徴とする。

【0016】(8) (5)のアブレーション装置において、前記制御手段は前記アブレーション対象物に対してレーザビームの1スキャンを単位として前記分割マスク移動手段によるマスク移動位置を制御することを特徴とする。

【0017】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図面に基づいて説明する。図1は実施例の装置の光学系の概略構成及び制御系の概略構成を示す図である。

【0018】1はレーザ光源であり、実施例では193nmの波長を持つエキシマレーザを使用している。レーザ光源1から出射されるエキシマレーザビームはパルス波であり、その代表的な形状は図2に示すように、ビームの強度分布は水平方向(X軸方向)がほぼ均一な分布F(W)であり、垂直方向(Y軸方向)はガウシアン分布F(H)となっている。また、光軸に対して垂直な平面での断面形状は、細長い矩形の形状となっている。

【0019】なお、レーザ光源1から出射後のレーザビームは、エキスパンダレンス等のビーム整形手段によって必要により所期する矩形形状に整える。2は平面ミラーであり、レーザ光源1から水平方向に出射されたレーザビームを上方へ90°偏向する。

【0020】3はレーザビームの水平方向(X軸方向)を分割して部分的に遮蔽する分割マスクであり、分割マスク駆動装置4により遮蔽する部分が選択的に変化する。分割マスク3をレーザ光源1側から見ると、図3の(a)に示すように、略同じ幅を持つ短冊状のマスクが多数並んだ形状をしており、この短冊状のマスクをそれぞれ開閉することにより細長い矩形のレーザビームの長手方向を部分的にカットできる。各短冊状マスクの開閉は、図3の(b)に示すように回転機構により各短冊状マスクが回転して、遮蔽する部分が選択的に変えられる。すなわち、分割マスク3を通過するレーザビームは、この各短冊状マスクの選択的開閉により、マスクが閉じている箇所が部分的にカットされた形となる。なお、短冊状マスクの開閉は回転による開閉の他、図4に示すようレーザビームの垂直方向にスライドさせて行うようにしても良い。

【0021】また、分割マスク3は分割マスク移動装置15により、レーザビームの長手方向側(X軸方向)に移動する。その移動範囲は少なくとも短冊状の1つのマスクの幅分を確保しており、分割マスク3全体が1つのマスクの幅分の間を微小距離移動できるようになっている。

【0022】分割マスク3を通過したレーザビームは、平面ミラー5により水平方向へ偏向される。平面ミラー5はミラー駆動装置6により垂直方向(矢印方向)に移動可能であり、レーザビームをガウシアン分布方向に平

(4)

特開平9-266925

5

5

行移動して対象物を均一に切除する。この点は、特開平4-242644号（発明の名称「レーザビームによるアブレーション装置」）に詳細に記載されているので、これを採用する。

【0023】7はイメージローテータであり、イメージローテータ駆動装置8により光軸Lを中心に回転駆動され、レーザビームを光軸回りに回転させる。9はアブレーション領域を限定する可変円形アパーチャであり、アパーチャ9の開孔領域はアパーチャ駆動装置10によって変えられる。11はアパーチャ9を患者眼の角膜13上に投影するための投影レンズである。投影レンズ11に対してアパーチャ9と角膜13は共役な位置関係になっており、アパーチャ9で限定した領域が角膜13上に結像し、アブレーション領域を限定する。

【0024】12は193nmのエキシマレーザビームを反射して可視光を透過する特性を持つダイクロイックミラーであり、投影レンズ11を経たレーザビームはダイクロイックミラー12により90°曲げられて、患者眼の角膜13へと導光される。

【0025】患者眼は手術に際して所定の位置にくるように予め位置決めされる（位置決め手段については本発明と関係が薄いため、説明は省略する）。

【0026】14は双眼の手術顕微鏡を持つ観察光学系であり、ダイクロイックミラー12の上方に位置する。双眼の観察光学系は市販のものが利用可能であり、その構成自体は本発明と関係がないので説明は省略する。

【0027】20は装置全体を制御する制御装置であり、レーザ光源1、分割マスク駆動装置4、ミラー駆動装置6、イメージローテータ駆動装置8、アパーチャ駆動装置10および分割マスク移動装置15等を制御する。21は患者眼の角膜形状データ等を入力するためのデータ入力装置である。

【0028】以上のような構成を持つ装置において、その動作について説明する。

【0029】まず、レーザビームによる屈折矯正について簡単に説明する。患者眼の角膜を装置に対して所定位置に固定する。アブレーションの領域やその形状は、データ入力装置21により予め入力された屈折力等のデータに基づき、制御装置20に記憶されるプログラムに従って決定され、これにより装置の動作を制御する。屈折矯正のときは、分割マスク3のマスクは全て開放状態にされる。

【0030】近視矯正の場合は、アパーチャ9によりレーザビームを制限し、平面ミラー5を順次移動してレーザビームをガウシアン分布方向に移動する。そしてレーザビームが端から端まで移動して1面を移動し終わる（1スキャン）ごとにイメージローテータ7によりレーザビームの移動方向を回転して、均一な円形に切除する。アパーチャ9の大きさを順次変えることにより、角膜の中央部を深く周辺部を浅くアブレーションする。こ

れにより近視矯正を行う。

【0031】遠視矯正の場合は、まず、アパーチャ9の開孔領域を固定してアブレーション領域を制限する。平面ミラー5を光軸Lに対して偏位させてレーザビームをずらし、イメージローテータ7を回転してアブレーションを重ねることにより、角膜を環状にアブレーションする。そして平面ミラー5を順次移動して光軸Lからのレーザビームのずれ量が大きくなるに従って、照射パルス数（照射時間）を多くしていくと中央部が浅く、周辺部が深くアブレーションでき、遠視矯正が行われる。度数のコントロールは、平面ミラー5の移動により光軸Lから偏位したレーザビームの各位置での照射パルス数（照射時間）の比を変えずに、全体の照射パルス数を変えることによって行われる。この遠視矯正の詳細については、本出願人による特開平6-166231号（発明の名称「角膜手術装置」）に記載されているので、これを参照されたい。

【0032】次に、不正乱視等の角膜の凸部分のみを選択的に切除する動作について図8のフローチャートに基づいて説明する。

【0033】今、図5のような斜線部の凸部分を持った角膜13をアブレーションして凸部分を除去し、球面にするとする。図中のX軸、Y軸はレーザビームの分布方向を示す。

【0034】まずデータ入力装置21によりアブレーションする角膜13の表面形状のデータを入力する。制御装置20は、この表面形状データに基づき、角膜表面の各位置におけるアブレーション量を算出し、平面ミラー5の移動位置と分割マスク3の短冊状マスクの開閉および移動量をコントロールしてアブレーションを行う。なお、ミラー5はレーザパルスに同期して移動させるが、以下の説明では、便宜上1ショット毎にミラー5を移動させるものとする。本実施例ではイメージローテータ7を固定した状態でアブレーションを行うが、必要に応じて1スキャン毎にイメージローテータ7を回転させて制御することも可能である。

【0035】初めの1スキャンでは分割マスク3を初期位置（座標を $x=x_0$ とする）に置いてレーザ照射を行う。第1ショット目のときは、平面ミラー5は最も端のところに位置する。この平面ミラー5の位置でのレーザビームの投影位置は、図6(a)の点線で示すように角膜13の端にくる。しかし、この位置では除去する凸部分は無い。制御装置20は分割マスク3の短冊状マスクを全て閉じた状態にする。レーザ光源1から出射されたレーザビームは分割マスク3で全てカットされ、角膜13はアブレーションされない。

【0036】第2ショット目、制御装置20は平面ミラー5をレーザパルスに同期させて一定量移動する。この位置でのレーザビームの投影位置は図6(b)の位置にくるが、この時も除去すべき凸部分は無い。分割マ

(5)

特開平9-266925

7

スク3は全て閉じた状態のままとする。レーザービームは全てカットされ、やはり角膜13はアブレーションされない。

【0037】第3ショット目、平面ミラー5が同じく一定量移動する。レーザービームの投影位置は図6(c)の点線位置にくる。この位置では除去すべき凸部分が存在するため、制御装置20は凸部分の形状情報に基づき分割マスク駆動装置4を動作制御し、凸部分に対応した分割マスク3の短冊状マスク部分を選択的に開く。開いたマスク部分を通過したレーザービームは角膜13に照射され、図の斜線部分の凸部分がアブレーションされる。

【0038】第4ショット目、平面ミラー5の移動によりレーザービームの投影位置は図6(d)の点線位置になり、凸部分に対応する分割マスク3のマスク部分が開いて、角膜13の斜線部分がアブレーションされる。第5ショット目も同様にして、平面ミラー5の移動と凸部分に対応する分割マスク3のマスク部分の開閉により、図6(e)の斜線部分の角膜がアブレーションされる。

【0039】これを続けて第nショット目の図6(f)まで行くと、平面ミラー5は反対側の端まで移動し、1

スキュンのアブレーションが終了する。

【0040】続いて、制御装置20は分割マスク移動装置15を介して、分割マスク3をレーザービーム長手方向(X軸方向)に $\Delta x$ だけ移動させる。図7(a)は1スキュン目のアブレーション状態を、図7(b)は図7(a)と角膜上の同位置での2スキュン目のアブレーション状態を示す説明図である。

【0041】制御装置20は分割マスク移動装置15を介して分割マスク3を1スキュン目から $\Delta x$ だけ移動した照射位置に移動させた後、再び、上述と同様にデータ

入力装置21からの入力データにより得られた各位置でのアブレーション量に基づいて、平面ミラー5の移動、分割マスク3の開閉およびレーザー照射パルス数(照射時間)を制御しながらアブレーションを行う。

【0042】平面ミラー5は1スキュン目の終了位置から開始位置に向かって1スキュン目の移動方向とは逆に移動制御する。具体的には、1スキュン目のアブレーションを図5の角膜上方から下方へ行った後、2スキュン目のアブレーションは下方から上方へ行う。3スキュン目以降はこれの繰り返しとなる。

【0043】分割マスク3は3スキュン目以降も $\Delta x$ ずつX方向へ移動し、最終位置(座標 $x = x_{r,n}$ )に移動するまで繰り返す。各スキュンごとの移動量 $\Delta x$ は一定である必要はなく、移動量 $\Delta x$ に基づく各照射位置での分割マスク3の開閉およびレーザー照射パルス数(照射時間)を制御してやればよい。

【0044】このように角膜13の凸部分形状の情報に基づき、平面ミラー5によるレーザービームの移動と分割マスク3の各短冊状マスクの開閉とを制御しながらアブレーションを行い、さらに凸部分の高さ情報に基づいて

8

凸部分が切除されるまで繰り返せば、図5の斜線部分の凸部分が除去され、角膜13は球面状になる。

【0045】また、レーザービームの長手方向に分割マスク3を微小移動することにより、選択的に開いたマスクによるスポットの座標が増え、各スキュン同志のアブレーション領域を重ねることができる。これにより各マスクが分割されている部分での段差を無くして、アブレーション表面を滑らかにすることができる。

【0046】なお、各位置でのアブレーション深さは、1パルス当たりのレーザービームの強度と照射するパルス数の関係により決定されるので、この関係によりレーザービームの各移動位置での各短冊状マスクの開閉および分割マスクの移動量が決定される。

【0047】本実施例においては、レーザービームを角膜上で往復移動させてアブレーション制御を行ったが、2スキュン目のアブレーションを1スキュン目と同じ移動方向(図5の角膜上方から下方方向)で行うことも可能である。この場合、各スキュン終了ごとに平面ミラー5を初期位置に移動させたり、イメージローテータ7を180°回転させてレーザービームのみを初期位置(図6(a)の位置)と同じ位置に移動させた後、平面ミラー5を移動制御する。

【0048】本発明は分割マスク形状に関しても実施例に記載されたものに限定されず、種々の変容例が可能であり、技術思想を同じくする範囲において本発明に包含される。

【0049】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、凹凸面のある対象物の凸部分を、短時間で効率良くアブレーション除去することができる。

【0050】また、アブレーション除去する表面を滑らかにすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例の装置の光学系の概略配置及び制御系の概略構成を示す図である。

【図2】エキシマレーザービームの代表的な形状を示す図である。

【図3】分割マスクの形状及び開閉機構を説明する図である。

【図4】分割マスクの別の開閉機構を説明する図である。

【図5】角膜の凸部分のみを選択的に切除する動作を説明するための、凸部分を持った角膜を示す図である。

【図6】図4に示した角膜の凸部分のアブレーション過程を説明する図である。

【図7】分割マスクの移動によるアブレーション領域の変化を説明する図である。

【図8】不正乱視等の角膜の凸部分のみを選択的に切除する動作を説明するフローチャート図である。

【符号の説明】



(5)

特開平9-266925

2

15

- ## 1 レーザ光源

- ### 3 分割マスク

- #### 4. 分割マスク駆動装置

- ## 5 平面ミラー

- ## 6 ミラー駆動装置

- \* 13 角膜

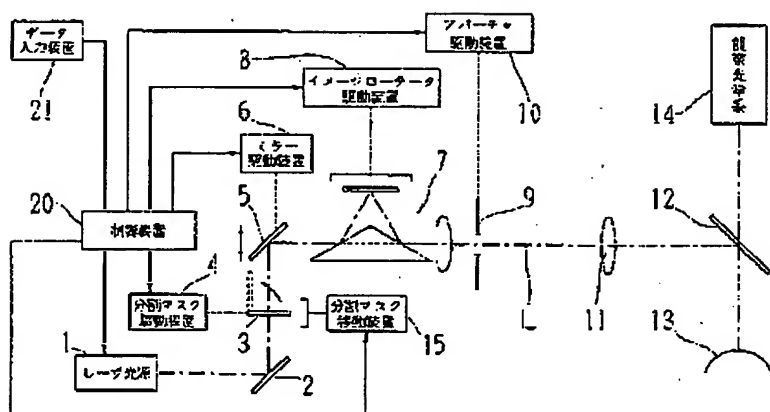
- ## 1.5 分割マスク移動装置

- ## 20 制御装置

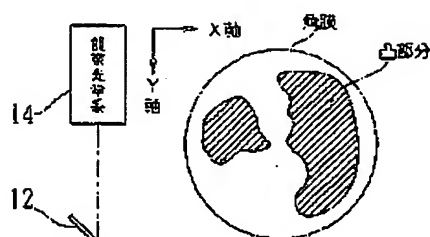
- ## 21 データ入力装置

\*

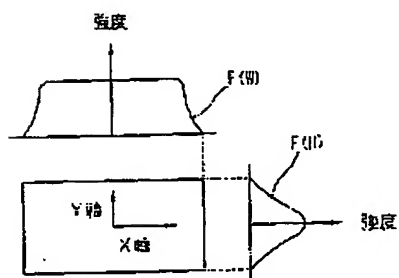
【圖 1】



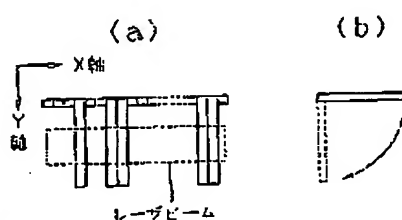
【图5】



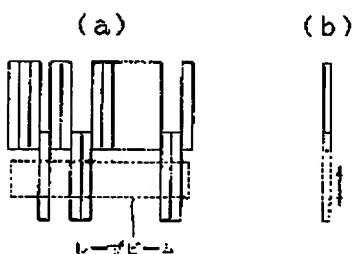
【圖2】



【图3】



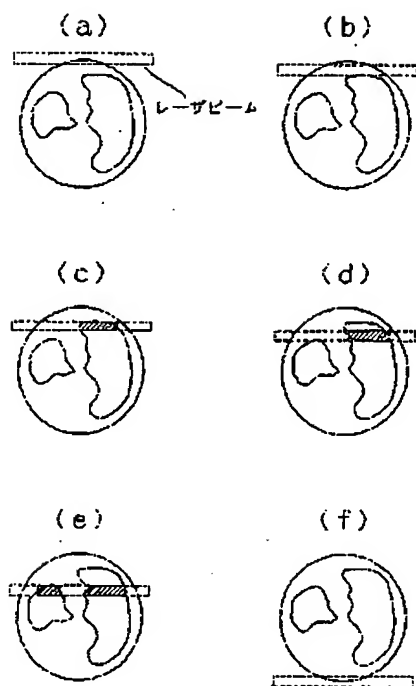
【图4】



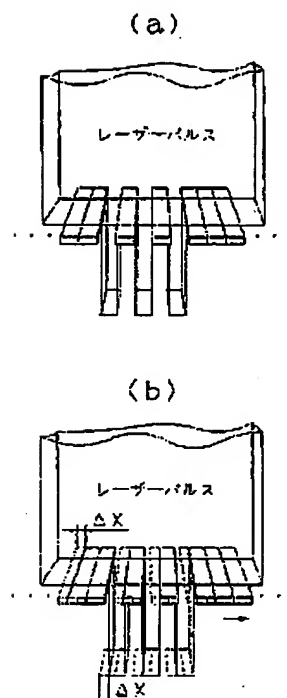
(7)

特開平9-266925

【図6】



【図7】



【図8】

